图书情报工作
第62卷 第11期 2018年6月

科技信息服务生态系统健康评价体系构建与实证研究*

■ 刘佳 邵诗雅 彭鹏
吉林大学管理学院 长春 130002

摘要:[**目的/意义**]针对当前科技信息服务生态系统研究的不足,借鉴自然生态系统健康理论,从信息生态视角,构建科技信息服务生态系统健康评价体系,引导科技信息服务生态系统稳定、健康发展。[**方法/过程**]基于文献调研和专家访谈,结合科技信息服务生态系统的健康特征,构建科技信息服务生态系统健康评价体系。采用网络层次分析法(Analytic Network Process,ANP)对各指标的相对重要性权重进行估计。通过访谈、问卷调查收集数据,采用多层次模糊综合评价法进行实证研究。[**结果/结论**]结果表明活力是最关键的准则维度。运用ANP与多层次模糊综合评价法构建科技信息服务生态系统健康评价体系和权重估计具有较好的适用性,可以为完善科技信息服务功能、优化科技信息服务生态系统结构提供指导与借鉴,促进科技信息服务生态系统稳定、健康的发展。

关键词:科技信息服务 生态系统健康 评价体系
分类号:G252
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2018.11.010

国家"十三五"信息化规划指出,要"发展绿色生产模式,加快信息化和生态文明建设深度融合""建设基于科技条件资源信息化的数字科技平台,促进科学数据与文献资源的共享,构建网络科研环境,面向全社会提供服务,推动科学研究手段、方式的变革"[1]。系列文件为科技信息服务的发展提供了政策、环境、技术等各方面的保障。在数字经济时代,数据信息成为最重要的生产资源,在政策引导、需求驱动、知识创新的综合作用下,科技信息服务机构逐渐意识到科技数据与信息已成为经济建设、科学研究、经营管理中的关键性资源。而服务生态系统目前得到了学术界和实践界的广泛研究与普遍认可,作为当前服务的新范式,为科技信息服务的发展提供了新的思路与方向。实际上,在信息服务领域有所成就的科技信息研究机构、信息咨询服务机构等在长期为政府、企业、高等院校、科研院所和科研人员提供决策支持、科技信息分析、咨询与研究的过程中,均构建了自身独特的科技信息服务生态系统,并遵循一定的规律实现了科技信息服务生态系统的升级发展。

科技信息服务生态系统作为一种新兴的科技信息服务创新形态,理论基础相对薄弱,相关主题的研究多集中于对信息流转、生态系统运行机制的研究上,对生态系统的结构、功能与可持续发展等问题缺乏研究。因此,笔者结合信息生态理论、服务生态系统理论和生态系统健康理论,构建科技信息服务生态系统健康评价体系,探究科技信息服务生态系统健康状况诊断的方法,以指导科技信息服务机构有针对性地优化其服务功能,有效协调与服务相关主体和服务对象的关系,进而为我国科技信息服务生态系统的管理与可持续发展提供理论支持与参考。

1 相关研究回顾

1.1 科技信息服务评价

科技信息服务评价指由一系列相互联系、相互制约、相互作用的科技信息服务评价要素构成的科学、完整的评价体系,具有整体性、系统性、协调性的特征。

* 本文系吉林省科技发展计划自然科学基金项目"基于大数据的吉林省科技信息服务生态系统建设与运行机制研究"(项目编号:20160101261JC)和吉林大学基本科研业务费项目"'互联网+'环境下图书馆服务价值共创机理与实现策略研究"(项目编号:2017QY011)研究成果之一。

作者简介:刘佳(ORCID:0000-0001-5828-8252),副教授,硕士生导师,E-mail:95292766@qq.com;邵诗雅(ORCID:0000-0002-0991-9764),硕士研究生;彭鹏(ORCID:0000-0002-4644-4948),讲师,硕士。

收稿日期:2017-12-14 修回日期:2018-03-14 本文起止页码:88-96 本文责任编辑:徐健

科技信息服务评价能够反映科技信息服务系统的管理和利用状况，近年来国内外学者对科技信息服务评价的研究不断深入。S. Ghazinoory 等[2]从系统功能评价、交互框架评价、组织评价、资金模式评价、成果评价5个维度构建基于国际惯例的国家科技评价体系；P. Castro 等[3]基于 Geopi 影响评价方法建立科技创新工具的多维评价体系，以确保科技评估的确定性、多维性、因果性、时效性；M. C. Alves 等[4]通过提取 CAPES 评价系统报告中的维度指标，建立基于信息可视化领域的科学指标，对巴西本国的科学活动进行评估，以辅助管理公共政策的计划与执行；A. Biranvand 等[5]使用六西格玛方法评估区域科技信息中心的服务质量，侧重分析用户期望和感知之间的差距以及对服务质量的满意度；苏朝晖、苏梅青[6]从用户角度出发，借鉴 SERVQUAL 模型，构建科技创新平台服务评价体系；屈鹏[7]构建了基于大数据、开放环境的科技文本语料库评价体系，用于图书馆、科技信息服务机构的语料库建设过程评价与语料库建设质量控制。

1.2 信息生态系统健康评价

信息生态系统是一种具有自我调节性的动态系统，它是人工生态系统和自然生态系统结合的产物，既需要生态系统内部的自我调节，又需要外部生态环境的人工干预[8]。因此，信息生态系统具有显著的与自然生态系统相似的特征和规律。近年，国内外学者将生态系统健康模型应用于企业、工业、农业、城市以及信息生态系统等领域的生态系统评价中。柳楷玲[9]将生态系统健康理论引入生态工业园定量化评价研究中，构建了基于能值分析的工业园生态系统健康评价指标体系模型；薛卫双[10]从系统结构、系统活力和系统服务力3个层面构建了基于自然生态系统评价方法的高校数字图书馆信息生态系统健康评价体系；肖蜀吉[11]通过对企业信息生态系统基本构成要素及其相互关系的分析，运用自然生态系统理论，构建了企业信息生态系统评价体系；马可·扬西蒂和罗伊·莱温[12]认为健康的商业网络生态系统需要具备企业系统活力、产业系统组织力以及代表外围环境适应程度弹力的3类指标。

以上研究成果为科技信息服务生态系统健康评价的研究奠定了理论基础。将自然生态系统健康理论应用于社会生态系统的研究，具有可行性和适用性，为社会生态系统的评价研究提供了新的思路。但现有的科技信息服务评价多侧重于对服务质量、用户满意度或科技信息服务成果、政策、服务平台等进行评价，从科技信息服务系统整体角度来评价其科技信息服务能力的研究鲜少涉及。生态系统健康评价是从系统整体角度出发，综合分析系统的结构与功能，诊断生态系统生产与服务能力，从而判断生态系统健康状况的方法，通过评价能够识别系统的关键问题，以确保系统持续、稳定发展。笔者试图借鉴自然生态系统健康理论，分析科技信息服务生态系统以及科技信息服务生态系统健康的内涵、特征，构建科技信息服务生态系统健康评价体系，利用评价体系对具体的科技信息服务生态系统进行实证研究。

2 相关理论基础

2.1 科技信息服务生态系统

2.1.1 科技信息服务的内涵　科技信息是指反映有关科学技术研究、发明及应用的动态和特征的信息，是科学信息和技术信息的总称[13]。

科技信息服务是科技信息服务或咨询机构通过科技信息服务平台、智能移动终端、电子邮件等方式为各类科技创新主体提供科技信息检索、科技成果分析、科技信息咨询等内容的信息服务。科技信息服务对象主要由政府、企业、高等院校、科研院所等机构以及科研人员构成，通过提供科技信息检索服务、决策支持服务、科学评价服务、知识服务等，为政府决策、科技创新、科技成果转化以及产学研的深度结合提供信息支持与服务支撑。

2.1.2 科技信息服务生态系统的内涵　信息生态系统是信息人与信息生态环境相互联系、相互作用而形成的具有信息流转和信息共享等调节能力的有机整体[8]。服务生态系统是一个相对独立、能够自我调节的资源整合的整体，在共享制度的协调约束下通过资源整合与服务交换实现价值创造[14]。

信息生态系统、服务生态系统的共性在于其生态系统的属性，均是具有自我调节能力的动态系统，不同之处在于服务生态系统更突出服务的互动性。

信息服务生态系统既具备了二者的共性，又突出了服务的互动特性，信息服务生态系统是以信息服务机构为核心，由信息用户等主体之间以及主体与各类信息环境，通过信息传递与信息交流而相互联系、相互作用的具有自我调节功能的信息生态系统[8]。

目前的科技信息服务机构应用大数据、云计算、移动互联网络等新一代信息技术，通过与各类信息服务主体的交互协作，为科技用户提供从信息组织、信息检索、信息挖掘、信息分析、信息决策到服务评估、服务管

理等全过程的科技信息生态服务,形成了全新的科技信息服务模式。笔者借鉴信息生态系统、服务生态系统的理论思想,参考不同学者对信息服务生态系统的定义,结合科技信息服务的特点,对科技信息服务生态系统进行定义:科技信息服务生态系统是指以科技信息资源和技术为基础,以科技信息服务机构为主导,由各类科技信息服务主体、科技信息用户共同参与形成,以支持科技创新和科学决策为目标,以科技信息价值共创为核心,通过信息流驱动价值流、人才流、服务流、资金流的相互联结,形成的一种开放、复杂、动态调节、共生竞合的生态系统。

2.2 生态系统健康理论

生态系统健康理论是有效实现生态系统管理和人类可持续发展的重要手段。美国生态学家 D. J. Rapport(1985 年)和 R. Costanza(1992 年)相继开展了关于生态系统健康理论的研究。D. J. Rapport 等认为,生态系统健康是“以符合适宜的目标为标准来定义的一个生态系统的状态、条件或表现”,生态系统健康包含两方面内涵:满足人类社会合理要求的能力和生态系统本身自我维持与更新的能力。一个生态系统稳定而且可持续,系统具有活力,能维持其组织且保持自我运作能力,对外界压力有一定弹性,那么该生态系统才是健康的[15]。健康的生态系统不仅在生态学意义上是健康的,而且有利于社会经济的发展,并能维持健康的人类群体。D. J. Rapport 指出生态系统健康具有跨学科的本质,是一门综合性学科,它为理解人类活动、生态变化、生态系统服务、经济和人类健康的关系提供了新方法和新概念。R. Costanza 指出,一个好的生态系统健康评价方法应该反映出生态系统的功能、结构和抵抗外界干扰的能力[16]。1999 年 8 月召开的国际生态系统健康大会确定了将 VOR(vigor, organization, resilience)作为生态系统健康诊断的指标,即通过活力(vigor)、组织力(organization)和恢复力(resilience)3 个指标来表征生态系统的稳定性、持续性和完整性。在一定的时间、空间范畴内,用基本功能综合特征的状态来衡量生态系统的健康程度。生态系统健康指数(health index, HI)的表达式为:$HI = O \cdot V \cdot R$。其中,活力(V)表示生态系统的功能以及生产物质和积累能量的能力,是测量系统活动、新陈代谢或初级生产力的一项重要指标,是生态系统存在的根本的物质基础;组织力(O)反映生态系统的组织结构,描述生态系统组织的各组分之间联系的有效性;恢复力(R)反映生态系统对外界干扰的忍受力或干扰去除后生态系统恢复到原有状态的能力。随着研究的不断深入,学者们在活力、组织力、恢复力 3 个主要评价要素的基础上,又提出从生态系统的管理选择、外部输入减少、对邻近系统的影响以及人类健康影响等方面来衡量生态系统的健康状况[17]。目前,生态系统健康理论被广泛应用于自然生态系统和社会生态系统的健康评价研究中。

2.3 科技信息服务生态系统健康的内涵

科技信息服务生态系统是自然生态系统和人工生态系统相结合的产物,借助互联网、大数据、云计算等先进技术,科技信息服务生态系统的稳定性、持续性和完整性在得到延展的同时,也面临着更多的挑战。笔者借鉴信息服务生态系统的理论,参考生态系统健康的不同定义,结合科技信息服务的特点,对科技信息服务生态系统健康进行定义:系统有着种类丰富、质量优异的科技信息资源与产品,信息服务功能健全且被充分利用,科技信息服务环境良好且得以不断优化,科技信息服务生态系统组织结构合理、稳定且可持续发展,能够满足科技信息用户与科技创新主体的信息需求,给服务主体和用户带来丰富的利益。

科技信息服务生态系统的健康状态具有以下基本特征:①具有良好的科技信息服务生态系统活力,即具有高质量的信息资源保障率与高效的信息服务生产力。科技信息服务生态系统的基本功能是为科技创新与决策支持创造更多有价值的科技信息产品与服务,提升科技信息支撑、保障与利用效率。②具有合理的科技信息服务生态系统组织力。合理的科技信息服务群落结构是决定科技信息服务生态系统健康的内在特性与要求,科技信息服务生态系统成员结构的合理性可以从服务主体与用户的种群数量、服务生态链的结构以及服务主体结构等层次进行分析;科技信息服务生态系统的功能和整体效率,不仅取决于各服务主体的活力,更取决于各服务主体活动的协调,没有科学的协调机制,健康的科技信息服务生态系统是难以实现的。③具有可持续的强恢复力。当信息环境发生“恶化”时,健康的科技信息服务生态系统应具有抵御策略,以保证系统结构完整、功能正常,主要体现在当系统生态链结构出现异常、信息服务环境遭遇污染、破坏、攻击时,系统具有的生态适应性与生命力。

自然生态系统健康理论通过研究环境胁迫与表征生态系统主要特征的生态参数变化的关联性,来解决自然生态系统的破坏与失衡问题[18]。环境胁迫即环境压力,是外界环境因素对生态系统干扰、损害和影响的综合压力;生态参数主要包括生态指标、物理化学指

刘佳，邵诗雅，彭鹏.科技信息服务生态系统健康评价体系构建与实证研究[J].图书情报工作,2018,62(11):88－96.

标、社会经济指标等[19]，是用以描述生态系统健康状况的特征值。笔者拟通过对科技信息服务生态系统健康评价指标体系的研究来揭示系统活力、组织力与恢复力与生态系统健康的关联性，以解决科技信息服务生态系统的失衡问题，促进系统的可持续发展。

3 科技信息服务生态系统健康评价体系的构建

3.1 指标的确定

根据科技信息服务生态系统健康的内涵与指标体系设计的原则，参考现有的社会生态系统健康评价指标，笔者采用活力、组织力和恢复力 3 个特征的状态来衡量科技信息服务生态系统的稳定性、持续性和完整性，即在时间和空间上具备维持科技信息服务生态系统的组织结构、自我调节和抵抗压力的能力。

系统活力是指科技信息服务生态系统所具备的提供服务功能、生产服务产品以及积累服务能量的能力。系统活力可以通过资源活力、技术活力、人员活力来衡量。资源活力是保证科技信息服务物质来源的能力。科技信息资源的种类、更新速度、资源的权威性、科技信息资源共享情况、转化效果等体现了科技信息服务的物质保障能力。技术是服务生态系统功能多样性、服务及时性、服务高效性与服务专深化的重要保障。技术活力具体表现在信息呈现形式、检索方式、科技信息服务平台界面设计与服务功能提供等方面，如是否能够提供信息统计分析、企业竞争情报、知识管理与决策支持等多种服务。人员活力包括信息提供者的活力与用户活力两个方面。信息提供者活力体现在信息服务人员的专业性、受教育程度、服务及时性、知识更新频率等方面。用户的信息素养会影响到用户对信息系统服务功能的理解力与接受度，是用户活力的重要体现。

系统组织力是表征科技信息服务生态系统各组成部分相互关系的重要指标，反映了生态系统结构的复杂性和多样性。一般认为，生态系统的组织结构越复杂，系统就越健康，因此通常采用组织多样性这一指标对生态系统的组织力进行评价[20,21]。在科技信息服务生态系统中，具体表现在组织内部科技信息服务生态链依存结构多样性与跨组织科技信息服务生态链依存结构多样性两个方面。组织内部科技信息服务生态链依存结构多样性是指在以科技信息服务机构为主导的科技信息服务生态系统内部，不同角色的信息人或内部系统服务功能之间依存关系的多样性。主要包括：①服务模式的多样性，如能够支持个性化定制服务、一站式服务和嵌入式服务、多种智能移动终端服务相结合的多样化信息服务模式；②服务人员学科背景多样性，有能力服务于不同专业、领域的信息需求；③用户结构多样性，不同类型的用户服务经验可以得到相互借鉴与补充。跨组织科技信息服务生态链依存结构多样性是指科技信息服务生态系统与其他信息生态系统之间依存关系的多样性，具体可体现为科研机构之间、跨机构之间的合作关系与程度。在跨组织机构相对松散的网络关系中，信任是合作的基石，也是合作机构间互惠互利的需要，跨系统机构间的合作程度主要取决于合作者间的相互信任机制的协调作用；科技信息服务生态系统中涉及到科技信息服务机构与信息提供商、服务平台提供商、其他科技信息服务机构等多组织的交互与合作，合作者之间可能存在短期的利益冲突问题，以健全的利益平衡机制作保障来调节生态系统的稳定性与活力是保持生态链依存结构多样性的重要前提；跨组织合作涉及的机构众多、网络关系复杂、信息网络混乱，容易直接导致生态链断裂，因此需要相应的信息传递机制确保合作者之间信息传递的畅通。信任机制是合作者间利益平衡机制与信息传递机制运行的基础。

系统恢复力是指当环境发生人为或不可抗力的自发性变化时，生态系统在外界影响下具有的"抵抗力"，即当科技信息服务生态系统中的某个生态链受到破坏断裂时，系统可及时利用其他生态链结构替代断裂的生态链，保障信息的正常流转与交换，保证系统的结构与功能的稳定性。科技信息服务生态系统的恢复力表现为系统能够通过内部的自我调节和外部适当的人工干预，保持系统的正常运转与稳定。恢复力主要包括内部环境恢复力与外部环境恢复力。其中内部环境恢复力指系统内部遭遇压力时系统的恢复能力，可通过系统的可靠性、安全性、稳定性、人工恢复力等特征进行衡量。外部环境恢复力是指维持科技信息服务生态系统运行与发展所需要的基础支持条件，具体表现在政府资金投入力度、市场资金投入力度以及科技信息服务法律支持力度等方面。

基于生态系统健康理论，结合科技信息服务生态系统健康的内涵与特征，笔者构建了以活力、组织力、恢复力为一级指标，以资源活力、技术活力、人员活力、组织内部科技信息服务生态链依存结构多样性、跨组织科技信息服务生态链依存结构多样性、内部环境恢复力和外部环境恢复力为二级指标，以科技信息资源

种类、政府资金投入力度等 27 个指标为三级指标的科技信息服务生态系统健康评价体系。

3.2 评价模型的构建与权重确定

通过对科技信息服务生态系统健康评价指标的分析可见,科技信息服务生态系统的健康状况受到多个方面、多种要素的相互影响,评价模型呈现多层次、多准则以及相互依存的网络结构的特点,因此笔者采用网络层次分析法来确定各个要素的权重。网络层次分析法是一种在层次分析法的基础上发展而形成的适用于非独立的递阶层次结构的决策方法[22]。网络层次分析法的计算方法复杂,笔者利用 Super Decisions(超级决策)软件进行 ANP 赋值计算分析。

3.2.1 构建科技信息服务生态系统健康评价模型 科技信息服务生态系统健康评价模型包括控制层目标、控制层准则、控制层子准则、网络层共 3 个一级指标、7 个二级指标、27 个三级指标,利用 Super Decisions 软件,实现 ANP 方法对指标的赋权。首先利用 Super Decision 软件构建科技信息服务生态系统 ANP 结构模型,具体如图 1 所示:

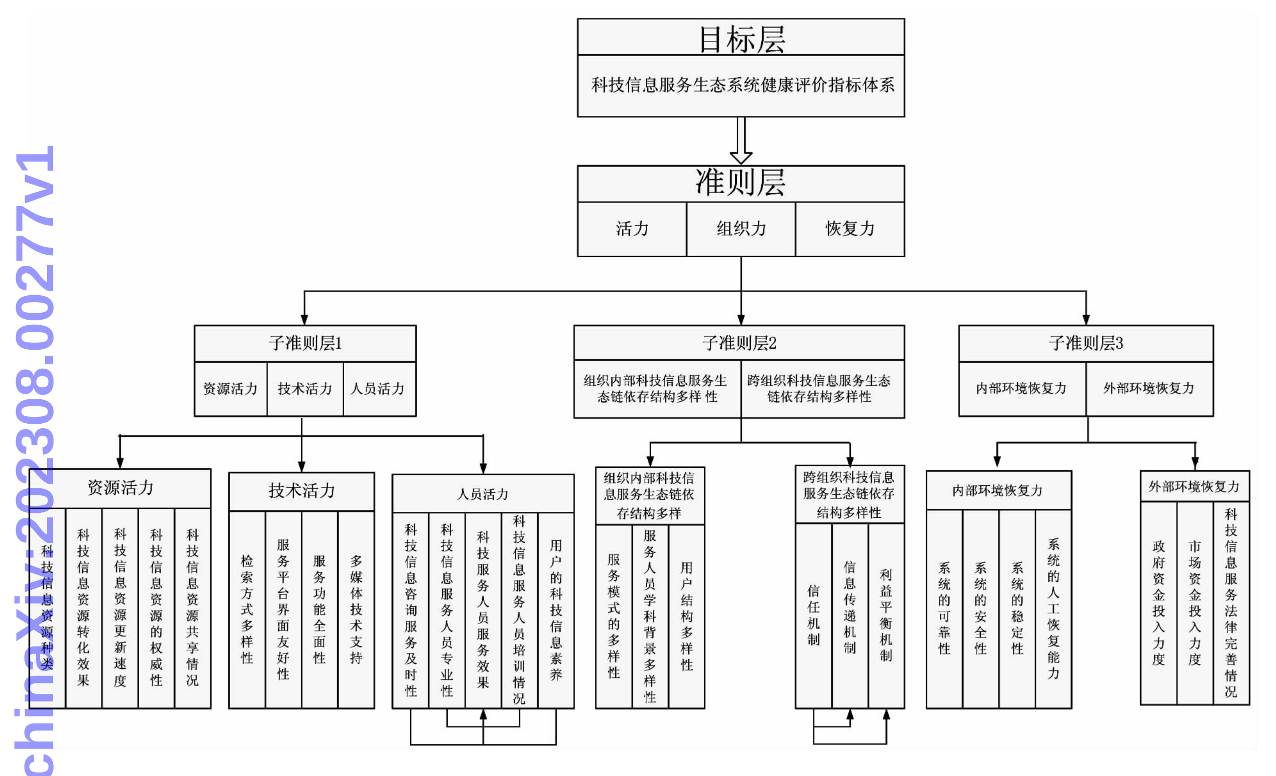


图 1 科技信息服务生态系统健康评价模型

3.2.2 评价模型的检验与指标权重的确定 利用 Super Decision 软件采用 1 – 9 分制的赋分法构建判断矩阵,邀请科技信息服务机构从事科技信息服务的专业人员以及信息服务领域的专家共 10 人对评价指标进行两两矩阵重要性评分对比,即对评价指标的重要程度进行两两比较,最后以 10 位专家评分结果的众数分值作为该指标的权重。Super Decision 按照特征根法自动得出矩阵的权重,以及一致性检验结果。在计算过程中,"相关科技信息服务法律完善情况""多媒体技术支持"两项指标没有通过一致性检验,删除两项指标,再次由专家进行矩阵判断并计算一致性检验结果,所有矩阵的 Inconsistency 均小于 0.1,说明判断矩阵满足一致性要求,检验结果与各指标权重见表 1。

由表 1 可见,影响科技信息服务生态系统健康程度的 3 个准则维度按其重要性排序为:活力、组织力、恢复力。其中,活力是最关键的准则维度,活力准则中资源活力、技术活力是影响科技信息服务生态系统健康程度的重要指标。可见科技信息资源、科技信息技术是影响科技信息服务生态系统健康程度的关键因素。

4 科技信息服务生态系统健康评价方法

目前,生态系统健康评价所使用的方法主要包括模糊综合法、层次分析法、熵值法等,科技信息服务生态系统健康评价是一个复杂的系统问题,涉及到以科技信息服务机构为中心的信息服务的各个环节,评价数据类型多样,评价标准中存在模糊性,为降低主观因素对健康评价的影响, 笔者采用多层次模糊综合评价

表1 科技信息服务生态系统健康评价指标权重

控制层次目标	控制层准则	控制层子准则	权重	网络层	权重
科技信息服务生态系统健康评价指标体系U Inconsistency = 0.003 55 <0.1	活力 vigor U_1 0.472 11 Inconsistency = 0.005 32 <0.1	资源活力 U_{11} Inconsistency = 0.092 31 <0.1	0.466 47	科技信息资源种类 U_{111}	0.116 17
				科技信息资源转化效果 U_{112}	0.041 83
				科技信息资源更新速度 U_{113}	0.168 92
				科技信息资源的权威性 U_{114}	0.379 33
				科技信息资源共享程度 U_{115}	0.293 74
		技术活力 U_{12} Inconsistency = 0.051 56 <0.1	0.433 03	检索方式多样性 U_{121}	0.412 59
				服务平台界面友好性 U_{122}	0.259 92
				服务功能全面性 U_{123}	0.327 48
		人员活力 U_{13} Inconsistency = 0.054 95 <0.1	0.100 50	科技信息咨询服务及时性 U_{131}	0.279 50
				科技信息服务人员专业性 U_{132}	0.312 38
				科技服务人员服务效果 U_{133}	0.306 69
				科技信息服务人员培训频率 U_{134}	0.071 27
				用户的信息素养能力 U_{135}	0.030 16
	组织力 organization U_2 0.444 27	组织内部科技信息服务生态链依存结构多样 U_{21} Inconsistency = = 0.062 39 <0.1	0.500 00	服务模式的多样性 U_{211}	0.649 12
				服务人员学科背景多样性 U_{212}	0.278 95
				用户结构多样性 U_{213}	0.071 93
		跨组织科技信息服务生态链依存结构多样性 U_{22} Inconsistency = 0.005 32 <0.1	0.500 00	信任机制 U_{221}	0.148 84
				信息传递机制 U_{222}	0.160 33
				利益平衡机制 U_{223}	0.690 83
	恢复力 resilience U_3 0.083 62	内部环境恢复力 U_{31} Inconsistency = 0.090 98 <0.1	0.875 00	系统的可靠性 U_{311}	0.379 22
				系统的安全性 U_{312}	0.449 09
				系统的稳定性 U_{313}	0.124 74
				系统的人工恢复能力 U_{314}	0.046 95
		外部环境恢复力 U_{32}	0.125 00	政府资金投入力度 U_{321}	0.833 24
				市场资金投入力度 U_{322}	0.166 76

方法来确定科技信息服务生态系统健康评价指数的得分。多层次模糊综合评价过程是由低层次向高层次逐步进行的[23－24]。

4.1 确定评价指标因素集

假定某类事物由 n 个因素决定，构成评价因素集 $U=(U_1,U_2,U_3\cdots U_n)$。

4.2 评语集的确定

假设该类事物可能出现的评语有 m 个，构成评语集 $V=(v_1,v_2,v_3,\cdots.v_n)$。

4.3 权重值的确定

上文已通过网络层次分析法确定个指标权重值 $A,A_1\cdots\cdots A_{31},A_{32}$。

4.4 模糊判断矩阵的确定

通过评价结果确定指标评价矩阵 R，每一个评价对象都应建立一个综合评价矩阵 R，其中 U_i 的 m 个单因素评判矩阵 R_i 为：

$$R_i=\begin{matrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1n} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{im1} & r_{im2} & \cdots & r_{imn}\end{matrix},(i=1,2,3\cdots31,32)$$

其中，m 为评价指标集 U_i 中元素的个数，n 为评价集 V 中元素的个数。

4.5 多层次模糊综合评价

对由 4.3 得到的权重和 4.4 得到的单因素模糊评价判断矩阵，进行多层次模糊综合评价。评价从最低层次开始，逐步上移。第一步，先对最低层评价因素 U_i 作模糊综合评价，求得综合评价集 B_i。第二步，依此类推再对上级因素 U 的 m 个因素依次作多层次模糊综合评价，求得综合评价集 B，即：

$$B_i=A_i\cdot R_i=(b_{i1},b_{i2},b_{i3},b_{i4},b_{i5})(i=1,2,3\cdots31,32)\quad R=\begin{matrix}B_1\\B_2\\\vdots\\B_{31}\\B_{32}\end{matrix}$$

$$B = A \cdot R = A \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_{31} \\ B_{32} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$$

4.6 计算评价分数 C

评价对象的模糊综合评价结果 B 与赋予分值评语集 V 合成,即可得到每个评价对象的最终得分 C。

$$C = B * V = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) * (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$$

5 实证研究

本研究选取吉林省某科技信息服务机构作为评价对象进行实证研究。该机构主要为政府部门提供决策支持,为企业、高校、科研院所和科研人员提供信息检索、统计、分析、评估等信息服务。通过长期的合作、交流与服务,该机构在吉林省产学研相结合的过程中,发挥了重要的纽带作用,借助于信息流、服务流、资金流、价值流已经形成了以该机构为核心的科技信息服务生态系统。运用构建的评价体系对该系统的健康状况进行评价,得出具体健康指数的得分,参照科技信息服务生态系统健康评价标准即可判断该生态系统的健康状况。

5.1 确定科技信息服务生态系统健康评价因素集

控制层次目标因素集:$U = (U_1, U_2, U_3)$;

控制层准则因素集:$U_1 = (U_{11}, U_{12}, U_{13})$, $U_2 = (U_{21}, U_{22})$, $U_3 = (U_{31}, U_{32})$;

控制层子准则因素集:$U_{11} = (U_{111}, U_{112}, U_{113}, U_{114}, U_{115})$, $U_{12} = (U_{121}, U_{122}, U_{123})$, $U_{13} = (U_{131}, U_{132}, U_{133}, U_{134}, U_{135})$, $U_{21} = (U_{211}, U_{212}, U_{213})$, $U_{22} = (U_{221}, U_{222}, U_{223})$, $U_{31} = (U_{311}, U_{312}, U_{313}, U_{314})$, $U_{32} = (U_{321}, U_{322})$

5.2 科技信息服务生态系统健康评估标准与评语集的确定

人类健康的评价等级分为:健康、亚健康和疾病 3 种状态,一些学者对城市生态系统健康、产业生态系统健康评价等级分为 5 个等级,如很健康、健康、亚健康、病态等等级类型[25]。笔者参照这些分类,将科技信息服务生态系统健康程度的评估标准具体划分为 90 分≦健康≦ 100 分、80 ≦较健康 <90、70 ≦亚健康 <80、60 ≦不健康 <70、50 分≦恶化 <60 五个等级。对每一层次的每一个因素都需要建立相应的评价集,确定模型中各个因素的评价结构均为 5 个等级,即 $V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ = (健康,较健康,亚健康,不健康,恶化)。在实际运行中,为了使评价结果更加直观,往往要对评判结果给出具体的分数,因此设健康、较健康、亚健康、不健康、恶化分别为 90 分,80 分、70 分、60 分、50 分。

5.3 科技信息服务生态系统健康指标权重值的确定

上文已通过网络层次分析法确定各指标权重值 $A, A_1 \cdots\cdots A_{31}, A_{32}$。

5.4 模糊判断矩阵的确定

依据上文构建的科技信息服务生态系统健康评价模型,针对各网络层主客观评价指标,笔者采取访谈与问卷调查两种方式对吉林省某科技信息服务机构及其用户进行了调研。通过访谈了解该机构科技信息服务的具体运作方式等客观情况。访谈对象是该机构的参考咨询人员及从事信息服务的专业人员。本研究设计了由 16 个问题构成的科技信息服务生态系统健康评价调查问卷。采用李克特 5 级量表,将各项评分划分为 5 个级别,向该机构有长期且稳定合作关系的企业用户、政府用户、科研人员等发放调查问卷 50 份,回收问卷 42 份,其中有效问卷 40 份。这些用户均多次使用过该机构的科技信息服务,部分用户之间已经形成了产学研相结合的合作关系。将访谈和调查问卷的统计结果转换成矩阵的形式,即得到单因素模糊判断矩阵。遵照模糊综合评价方法步骤,首先构造资源活力准则的模糊判断矩阵 R_{11},具体如下所示:

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.375 & 0.125 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.375 & 0.125 & 0 & 0 \\ 0.125 & 0.625 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.25 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0.125 & 0.625 & 0.125 & 0.125 & 0 \end{bmatrix}$$

5.5 科技信息服务生态系统健康多层次模糊综合评价

根据模糊判断矩阵 R 11及 ANP 模型指标的相对权重值 A_{11},由 A 和 B 经模糊关系运算 A . B,可得模糊评价结果 B_{11},具体如下所示:

$$B_{11} = A_{11} \cdot R_{11} = (0.116\,17, 0.041\,83, 0.168\,92, 0.379\,33, 0.293\,74) \cdot \begin{bmatrix} 0.5 & 0.375 & 0.125 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.375 & 0.125 & 0 & 0 \\ 0.125 & 0.625 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.25 & 0.25 & 0 & 0 \\ 0.125 & 0.625 & 0.125 & 0.125 & 0 \end{bmatrix} = (0.326\,50, 0.443\,25, 0.193\,53, 0.036\,72, 0)$$

同理可得:

$$B_{12} = (0.459\,06, 0.375\,00, 0.125\,00, 0.040\,93);$$

刘佳，邵诗雅，彭鹏. 科技信息服务生态系统健康评价体系构建与实证研究[J]. 图书情报工作,2018,62(11):88－96.

$B_{13} = (0.37870, 0.29523, 0.32607, 0, 0)$;

$B_{21} = (0.22281, 0.38290, 0.19715, 0.19715, 0)$;

$B_{22} = (0.21615, 0.76525, 0.01861, 0, 0)$;

$B_{31} = (0.58585, 0.31062, 0.10354, 0, 0)$;

$B_{32} = (0, 0, 1, 0, 0)$

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = A_1 \cdot \begin{bmatrix} B_{11} \\ B_{12} \\ B_{13} \end{bmatrix} = (0.38915, 0.39882, 0.17717, 0.03485, 0)$$

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = A_2 \cdot \begin{bmatrix} B_{21} \\ B_{22} \end{bmatrix} = (0.21948, 0.57408, 0.10788, 0.09858, 0)$$

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = A_3 \cdot \begin{bmatrix} B_{31} \\ B_{32} \end{bmatrix} = (0.51262, 0.27179, 0.21560, 0, 0)$$

$$B = A \cdot R = A \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = (0.32410, 0.46607, 0.14960, 0.06025, 0)$$

5.6 计算评价分数 C

$$C = B * V(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) * (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = (0.32410, 0.46607, 0.14960, 0.06025, 0) * (90, 80, 70, 60, 50) = 80.5$$

5.7 计算结果分析

评价结果显示，以吉林省某科技信息服务机构为中心的科技信息服务生态系统健康指数得分为80.5。根据评价标准可知，该科技信息服务生态系统刚刚达到较健康级别，处于亚健康态与较健康态的临界值。科技信息服务生态系统的活力、组织力、恢复力良好，说明该科技信息服务生态系统的服务功能能够满足用户的需求，科技信息服务生态系统的生态链依存关系的多样性能够保证其健康发展，科技信息服务生态系统在遇到外界环境影响时，能够及时进行自我调节，保证科技信息服务生态链的正常运转。以吉林省某科技信息服务机构为中心的科技信息服务生态系统，目前可以为用户提供多种类型的信息服务，并已经与政府、企业与科研单位建立了长期的合作关系。因此从实际情况来看，此评价结果比较准确地反应了现实情况，具有一定的适用性。从评价结果来看，该科技信息服务生态系统仍需加强科技信息资源建设，构建多种服务模式，加强生态链依存结构的多样性，才能有效提高其信息服务生态系统的活力与组织力，进而继续保持和改善科技信息服务生态系统的健康状态。

6 结语

目前，从服务生态系统角度研究科技信息服务评价的内容还比较少，相关研究在全面性与实用性的有机结合方面还不理想，仍没有出现一种既可以从整体上反映科技信息服务生态系统稳定性、持续性与完整性状况，又可以应用于实践的评价方法。笔者认为其原因在于信息生态系统的评价往往不是以信息服务机构为中心，而信息服务评价又往往不能从生态系统的整体性角度去进行评价。科技信息服务生态系统的运行受生态链中多信息主体的影响，其健康状况评价具有模糊性。笔者采用多层次模糊综合评价方法，构建包括活力、组织力、恢复力3个维度的科技信息服务生态系统健康评价体系，并进行了实证研究。结果表明，笔者提出的科技信息服务生态系统健康评价体系与评价方法一定程度上可以有效解决科技信息服务生态系统中存在的影响因素的层次性、多样性、复杂性，以及评价标准的模糊性等问题，为科技信息服务生态系统健康评价研究和实践提供了具体的、可操作的工具和方法。

本文的不足主要表现在受研究力量所限，所邀请的专家虽然具有一定的代表性，但范围不够广泛，对评价指标和权重的评价还需要进行更广泛的调研；在实证分析时，为保证问卷获取的有效性，主要面向吉林省某科技信息服务机构的长期稳定合作用户进行调研，用户需求的满足是形成长期合作的主要原因之一，因此存在健康评分偏高的可能性；实证研究仅选择以一家科技信息服务机构为中心的科技信息服务生态系统作为分析对象，指标体系的适应性还需进一步进行论证。后续研究将进一步扩大专家咨询范围，加强与科技信息服务机构的合作，在应用中不断对评价体系进行优化，以提高评价方法的准确性与适用性。

参考文献：

[1] “十三五”国家科技创新规划. 中华人民共和国国务院[EB/OL]. [2017－10－08]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm.

[2] GHAZINOORY S, FARZKISH M, MONTAZER G A, et al. Designing a national science and technology evaluation system based on a new typology of international practices[J]. Technological forecasting & social change, 2017, 122(9): 119－127.

[3] CASTRO P, FILHO S S, BIN A, et al. Multidimensional evaluation framework for science technology and innovation instruments: GEOPI impact evaluation approach[EB/OL]. [2017－10－02]. ht-

tps://www.researchgate.net/publication/294719161.
[4] ALVES M C, FARIA L I L D, AMARAL R M D. Information visualization to simplify understanding indicators for evaluation of science and technology[J]. Digital journal of library and information science, 2017, 15(2): 324-348.
[5] BIRANVAND A, KHASSEH A A. Evaluating the service quality in the regional information center for science and technology using the six sigma methodology[J]. Library management. 2013, 34(1).: 56-67.
[6] 苏朝晖,苏梅青.科技创新平台服务质量评价－对福州、厦门、泉州三地的实证研究[J].科技进步与对策,2015,32(4):93-99.
[7] 屈鹏. 开放环境科技语料库质量评价研究[J/OL]. 情报理论与实践,2016,39(5):79-85.
[8] 周承聪.信息服务生态系统运行与优化机制研究[D].上海:华中师范大学,2011.
[9] 柳楷玲.工业园生态系统健康评价研究[D].大连:大连理工大学,2016.
[10] 薛卫双. 高校数字图书馆信息生态系统健康评价研究[J]. 情报科学,2014,32(5):97-101.
[11] 肖蜀吉.企业信息生态系统评价指标体系构建研究[D].长春:吉林大学,2010.
[12] 马可·扬西蒂,罗伊·莱温.制定战略:从商业生态系统出发[J].会计师,2004(5):68.
[13] 陈斯杰. 基于用户视角的科技信息服务网站影响力评估研究[D].南京:南京理工大学,2009.
[14] VARGO S L, LUSCH R F. Institutions and axioms: an extension and update of service-dominant logic[J]. Journal of the academy of marketing science, 2016, 44(1): 5-23.
[15] 胡斌,章仁俊,邵汝军.企业生态系统健康的基本内涵及评价指标体系研究[J].科技管理研究,2006(1):59-61.
[16] RAPPORT D J, COSTANZA R, MC MICHAEL A J. Assessing ecosystem health[J]. Trends in ecology & evolution, 1998, 13(10): 397-402.
[17] RAPPORT D J. What constitutes ecosystem health? [J]. Perspective in biology and medicine, 1989, 33(1): 120-132.
[18] 于海跃,喻锋,符蓉.生态系统评价方法研究[J].国土资源情报,2013(12):42-45.
[19] 孙燕,周杨明,张秋文,等. 生态系统健康:理论/概念与评价方法[J].地球科学进展,2011,26(8):887-896.
[20] 汪朝辉,王克林,许联芳.湿地生态系统健康评估指标体系研究[J].国土与自然资源研究,2003(4):63-64.
[21] 娄策群,周承聪. 信息生态链:概念、本质和类型[J].图书情报工作,2007(9):29-32.
[22] 孙宏才,田平.网络层次分析法(ANP)与科学决策[M].北京:海洋出版社,2001: 148-288.
[23] 战学秋,温金明.多层次模糊综合评判法在数字图书馆评价中的应用[J].情报科学,2007(7):1035-1038.
[24] 杜栋,庞庆华.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2005:34-61.
[25] 高卓,何鑫,胡祖芳,等.层次分析法在生态系统健康评价指标体系中的应用[J].中央民族大学学报(自然科学版), 2017, 26(1):61-66.

作者贡献说明:
刘佳:提出研究命题、研究思路,论文撰写、论文修改及最终版本修订;
邵诗雅:论文撰写及论文修改;
彭鹏:问卷调查与数据整理。

Health Assessment System Construction and Empirical Research on the Science and Technology Information Service Ecosystem

Liu Jia　Shao Shiya　Peng peng
School of Management, Jilin University, Changchun 130022

Abstract: [**Purpose/significance**] In view of the deficiency of the current scientific and technological information service ecosystem, this paper based on the VOR theory, from the perspective of information ecology, constructs the health assessment system of science and technology information service ecosystem to guide the stable and healthy development of the ecosystem. [**Method/process**] Based on the literature survey and expert interview, combined with the health characteristics of the science and technology information service ecosystem, the evaluation index system is constructed. ANP method is used to estimate the relative importance weight of each index. Through the questionnaire survey, interview and data collection, the multi-level fuzzy comprehensive evaluation method is applied to empirical research. [**Result/conclusion**] The results show that vigor is the most important criterion dimension. The application of ANP and multi-level fuzzy comprehensive evaluation method has good applicability, which can provide guidance and reference for the stable and healthy development of scientific and technological information service ecosystem and the improvement of science and technology information service function.

Keywords: scientific and technological information service　ecosystem health　evaluation system